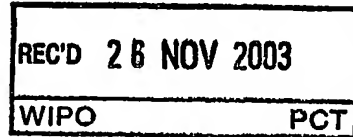


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND 13.11.03

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 53 191.9

Anmeldetag: 15. November 2002

Anmelder/Inhaber: Philips Intellectual Property & Standards GmbH,
Hamburg/DE
(vormals: Philips Corporate Intellectual Property
GmbH)

Bezeichnung: Verfahren zur selektiven Darstellung
von Körperstrukturen

IPC: G 06 T, G 06 K, A 61 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Klostermeyer



§

BESCHREIBUNG

Verfahren zur selektiven Darstellung von Körperstrukturen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung einer selektiven Darstellung von Körperstrukturen eines Untersuchungsobjekts aus einem Primärbilddatensatz, insbesondere einem mittels Computertomographie, Magnetresonanztomographie oder anderen tomographischen Bildgebungsverfahren gewonnenen Primärbilddatensatz.

Verfahren der vorgenannten Art sind bekannt. Sie werden insbesondere in der medizinischen Diagnostik verwendet, um aus einem Bilddatensatz eine vereinfachte und reduzierte Darstellung zu erstellen, in der für die Beurteilung unwesentliche Strukturen abgeschwächt dargestellt oder ausgeblendet sind. So ist, beispielsweise aus der amerikanischen Patentschrift US 5,832,134, ein Verfahren bekannt, bei dem die Bildelemente nach einem vorbestimmten Bildwertgrenzwert in darzustellende und nicht darzustellende Bildelemente unterteilt werden. Diese Art Verfahren eignen sich insbesondere dann, wenn Bildelemente unterhalb oder oberhalb eines bestimmten Bildwertes nicht für die Beurteilung des Bildes erforderlich sind. Weiterhin sind selektive Darstellungsverfahren bekannt, bei denen Bildelemente, die zu Bildstrukturen oberhalb oder unterhalb einer vorbestimmten Bildstrukturgröße gehören, nicht oder ausschließlich dargestellt werden. Hierdurch kann beispielsweise das Auffinden besonders kleiner Strukturen in einem Bild erleichtert werden.

Neben den vorgenannten Darstellungsverfahren, bei denen eine automatische Selektion bestimmter Bildelemente nach vorgegebenen Kriterien erfolgt, sind auch Darstellungsverfahren bekannt, bei denen ein Benutzer durch Markieren bestimmter Bildbereiche eine Vorauswahl von darzustellenden oder nicht darzustellenden Körperstrukturen vornehmen kann. So ist beispielsweise bekannt, mittels manueller Definition einer Grenzkurve um eine Körperstruktur herum die Bildelemente dieser Körperstruktur zur Hervorhebung oder Ausblendung auszuwählen. Dabei kann regelmäßig nicht der häufig

vorhandenen Filigranität der Körperstrukturen in ausreichendem Maße Rechnung getragen werden, so dass mit diesem manuellen Filterverfahren nur die Erstellung einer selektiven Darstellung in vereinfachter und grober Weise möglich ist.

- 5 Aufgrund des zunehmenden Informationsgehalts und der steigenden Auflösung in auszuwertenden Bildern, wie beispielsweise medizinischen Schichtaufnahmen, kommt der gezielten Selektion der relevanten Informationen aus solchen Bildern große Bedeutung zu. Die bekannten Verfahren können dieses Bedürfnis insbesondere dann, wenn eine Filterung mit einfachen Kriterien erfolgt, nicht erfüllen.

Der Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erstellung einer selektiven Darstellung von Körperstrukturen bereitzustellen, bei dem eine schnellere und selektivere Auswahl der Bildelemente erreicht werden kann als bei bekannten Verfahren.

- 15 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, mit den Verfahrensschritten

- Zusammenfassung mehrerer Bildelemente in zumindest einer Bildelementgruppe, die jeweils Bildelemente enthält, die nach vorbestimmten Filterkriterien der Bildelementgruppe zugeordnet werden,
- 20 - Erstellung zumindest einer Bildelementliste durch Selektion und/oder Deselektion zumindest einer Bildelementgruppe,
- Erstellung eines gefilterten Sekundärbilddatensatzes, in dem die Bildelemente der Bildelementgruppen der zumindest einen erstellten Bildelementliste markiert
- 25 werden und
- Erstellung der Darstellung aus dem Sekundärbilddatensatz, wobei die markierten Bildelemente gesondert dargestellt, insbesondere hervorgehoben oder ausgeblendet, werden.

Dabei können die Bildelemente in der Bildelementgruppe in Form einer Aufzählungs-
liste zusammengefasst werden, die beispielsweise einen Verweis auf die einzelnen, zu-
sammengefassten Bildelemente enthält oder welche die Bildelementdaten selbst, d.h. in
der Regel die Koordinaten und den Bildwert des Bildelements, enthält. Als vorbestimm-
5 te Filterkriterien bei dieser Zusammenfassung sind insbesondere bekannte Filterverfah-
ren anwendbar, wie beispielsweise die Filterung mittels Bildwertgrenzwerten, die Filte-
rung mittels Bereichswachstum, die Filterung mittels morphologischer Öffnung, die Fil-
terung mittels Wasserscheidentransformation, die Filterung mittels Abstandswerten der
Bildelemente, die zuvor in einer Abstandstransformation ermittelt wurden oder Kombi-
10 nationen aus den vorgenannten Filterverfahren. Solche Filterverfahren sind bekannt und
können beispielsweise der Veröffentlichung „Digital Image Processing“, Rafael C.
Gonzales und Richard E. Woods, Addison-Wesley, 2002, entnommen werden.

Bei der Erstellung der Bildelementliste kann sowohl eine automatische Selektion und
15 Deselektion der Bildelementgruppen nach vorbestimmten Kriterien erfolgen, es ist je-
doch insbesondere auch eine manuelle Selektion und Deselektion der einzelnen Bild-
elementgruppen durch den Benutzer des Verfahrens anwendbar. Unter Selektion ist in
diesem Zusammenhang die Auswahl einer Bildelementgruppe oder die Aufnahme einer
Bildelementgruppe in eine bereits getroffenen Auswahl zu verstehen. Unter Deselektion
20 ist in diesem Zusammenhang die Herausnahme einer Bildelementgruppe aus einer be-
reits getroffenen Auswahl zu verstehen, bzw. die Markierung der Bildelemente der
Bildelementgruppe als ausdrücklich nicht in eine durch Selektion getroffene Auswahl
aufzunehmende Bildelemente.

25 Die Bildelementliste kann in Form einer Aufzählungsliste ausgeführt werden, die einen
Verweis auf die selektierten und deselektierten Bildelementgruppen enthält. Die Bild-
elementliste kann auch als Aufzählungsliste ausgeführt werden, die alle durch Selektion
und Deselektion ausgewählten Bildelemente, d.h. insbesondere deren Bildkoordinaten
und Bildwerte, oder einen Verweis auf die entsprechenden Bildelemente enthält. In die-
30 sem Fall wird die Bildelementliste erstellt, indem alle Bildelemente der selektierten

Bildelementgruppen in die Aufzählungsliste aufgenommen werden und alle zuvor aufgenommenen Bildelemente der Bildelementliste aus der Aufzählungsliste wieder herausgenommen werden, wenn sie einer deselektierten Bildelementgruppe angehören.

- 5 Die Markierung der Bildelemente in dem Sekundärbilddatensatz erfolgt vorzugsweise, indem der Bildwert dieser Bildelemente auf einen vorbestimmten, einheitlichen Bildwert gesetzt wird, beispielsweise 0. Hierdurch wird eine Ausblendung der in der Bildelementliste enthaltenen Bildelemente bewirkt. Weiterhin könnten die Bildelemente markiert werden, indem deren Bildwert um einen vorbestimmten absoluten oder relativen Betrag verringert wird. Hierdurch können die in der Bildelementliste enthaltenen Bildelemente in der nachfolgend erstellten Darstellung aus dem Sekundärbilddatensatz in abgeschwächter Form dargestellt werden. Weiterhin können die in der Bildelementliste enthaltenen Bildelemente in der Weise markiert werden, dass sie in der nachfolgend erstellten Darstellung farbig hervorgehoben oder zurückgestellt werden.

15

Die Erstellung der Darstellung aus dem Sekundärbilddatensatz erfolgt vorzugsweise mittels bekannter Verfahren, wie beispielsweise der Maximalintensitätsprojektion. Die Hervorhebung oder Ausblendung der markierten Bildelemente kann durch farbige Darstellung dieser Bildelemente, kontrastverstärkte oder kontrastverringerte Darstellung dieser Bildelemente in Bezug zu den nicht in der Bildelementliste enthaltenen Bildelementen erfolgen.

20

Bei einer ersten vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung überschneiden sich die Bildelementgruppen zumindest teilweise. Hierdurch können durch Deselektion von Bildelementgruppen einzelne Bereiche einer zuvor selektierten Bildelementgruppe ausgeschnitten werden und die entsprechenden Bildelemente von der gesonderten Darstellung ausgenommen werden.

25

Das erfindungsgemäße Verfahren kann insbesondere dadurch weitergebildet werden, dass ein Verknüpfungsdatenbaum erstellt wird, in dem jeder Bildelementgruppe ein

30

7

Knotenpunkt zugeordnet wird, die Knotenpunkte nach einem vorbestimmten Verknüpfungskriterium logisch einander zugeordnet werden und die Selektion und Deselektion durch Auswahl und/oder Abwahl der Knotenpunkte erfolgt. Der Verknüpfungsdatenbaum erleichtert die automatische und insbesondere die manuelle Selektion und Deselektion der Knotenpunkte in der Weise, dass nicht miteinander zusammenhängende Bildbereiche oder sich teilweise überschneidende Bildelementgruppen zur Erstellung der Bildelementliste selektiert oder deselektiert werden können, indem ein erster Knotenpunkt selektiert wird und ein zweiter Knotenpunkt, der einer anderen, ggf. sich teilweise überschneidenden Bildelementgruppe zugeordnet ist, selektiert oder deselektiert wird. Insbesondere kann vorgesehen werden, dass eine erste Bildelementgruppe einem ersten Knotenpunkt zugeordnet wird und diese erste Bildelementgruppe in mehrere untergeordnete Bildelementgruppen unterteilt wird, die Bildelemente enthalten, die jeweils in der ersten Bildelementgruppe ebenfalls enthalten sind, und die untergeordneten Knotenpunkten zugeordnet sind. Durch Selektion des ersten Knotenpunkts und Deselektion einzelner untergeordneter Knotenpunkte kann dann auf einfache Weise eine Bildelementliste erstellt werden, die alle Bildelemente der ersten Bildelementgruppe mit Ausnahme jener Bildelemente der deselektierten Bildelementgruppen enthält.

Die zuvor beschriebene vorteilhafte Verfahrensausbildung kann weiter fortgebildet werden, indem die logische Verknüpfung zweier Knotenpunkte erfolgt, wenn zumindest eine der Bedingungen gemäß Anspruch 4 erfüllt ist. Durch diese Art der logischen Verknüpfung wird eine besonders einfach nachzuvollziehende Struktur des Verknüpfungsdatenbaums erzeugt, welcher die Erstellung der Bildelementliste durch manuelle Selektion und Deselektion durch einen Benutzer erleichtert. Weiterhin wird durch diese Art der logischen Verknüpfung in besonders einfacher Weise erreicht, dass mittels Selektion und Deselektion der Bildelementgruppen bestimmte Bildelemente eines vorbestimmten Bildwertbereichs gesondert dargestellt werden.

Es ist insbesondere vorteilhaft, Knotenpunkte von zueinander um weniger als eine vorbestimmte Distanz benachbarten Bildelementgruppen zu übergeordneten Knotenpunkten zusammenzufassen. Hierdurch wird eine transparente und übersichtliche Zusammenfassung der Bildelemente erreicht. Als Distanz zwischen zwei Bildelementgruppen kann hierbei der kleinste Abstand zwischen den Rändern der durch die Bildelementgruppen gebildeten Körperstrukturen definiert werden. Alternativ wäre es auch möglich, die Distanz zwischen den Mittelpunkten der durch die Bildelementgruppen gebildeten Körperstrukturen als deren Distanz voneinander zu definieren.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die logische Verknüpfung durch gegenseitige Zusammenfassung von Bildelementgruppen in Form eines hierarchisch aufgebauten Verknüpfungsbaums mittels der in Anspruch 5 aufgeführten Verfahrensschritte erfolgt. Die Erstellung eines hierarchisch aufgebauten Verknüpfungsbaums mit mehreren Hierarchieebenen und die Verknüpfung der Knotenpunkte in der zuvor beschriebenen Weise ist besonders vorteilhaft geeignet, um eine automatische oder manuelle Selektion der einzelnen Knotenpunkte durchzuführen.

Das vorgenannte Verfahren kann in vorteilhafter Weise weitergebildet werden, indem die Erstellung des gefilterten Sekundärbilddatensatzes durch Selektierung und Deselektierung von Knotenpunkten unterschiedlicher Ebenen erfolgt. Dabei kann vorzugsweise eine Selektion/Deselektion der Knotenpunkte in hierarchisch absteigender Weise, d.h. es werden die Knotenpunkte übergeordneter Ebenen selektiert/deselektiert, bevor Knotenpunkte der darunter liegenden Ebene selektiert/deselektiert werden. Somit kann eine Bildelementliste erstellt werden, die eine gesonderte Darstellung von Bildelementen erlaubt und bei der eine Verfeinerung der selektiven Darstellung dadurch erreicht werden kann, dass die Selektion/ Deselektion sich auf untere Hierarchieebenen bis zu einer bestimmten Hierarchiestufe erstreckt. So kann, in Abhängigkeit der Rechenzeit, bei automatischer Erstellung der Bildelementliste, oder in Abhängigkeit der Bearbeitungszeit

des Benutzers, bei manueller Erstellung der Bildelementliste, eine Verfeinerung der Bildelementliste bis zu einem bestimmten Grad erreicht werden, indem die Selektion/ Deselektion sich bis zu einer bestimmten Hierarchieebene erstreckt.

- 5 Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Zusammenfassung der Bildelemente in der zumindest einen Bildelementgruppe mittels der Wasserscheidentransformation gemäß den Verfahrensschritten nach Anspruch 7. Eine Beschreibung der Filterung mittels Wasserscheidentransformation kann der Veröffentlichung „Watersheds in Digital Spaces: An Algorithm Based on Immersion Simulations“, L. Vincent und P. Soille, IEEE Trans Pattern Anal. Machine Intell., Vol. 13, 6, Juni 1991, 583-598, entnommen werden.

- Die Zusammenfassung der Bildelemente mittels des Filterkriteriums der Wasserscheidentransformation ermöglicht die Bildung von Bildelementgruppen ohne eine vorherige
- 15 Angabe von Startelementen („Saatpunkten“). Bei einer Filterung mittels Bereichswachstums wäre es hingegen erforderlich, einen oder mehrere Startpunkte zu bestimmen, was regelmäßig manuell erfolgt und zusätzlichen Aufwand erfordert.

- Bei der Erstellung des Gradientenbilddatensatzes wird funktional eine erste Ableitung der Gradientenbildwerte über den Raumkoordinaten der Bildelemente durchgeführt. Das heißt, einem Bildelement wird ein Gradientenbildwert zugewiesen, dessen Höhe wiedergibt, um welchen Betrag sich der Bildwert des Bildelements zu dem der benachbarten Bildelemente unterscheidet. So werden Bereiche, in denen Bildelemente benachbart angeordnet sind, deren Bildwert sich nicht oder nur geringfügig voneinander unterscheidet,
- 25 mit kleinen Gradientenbildwerten gekennzeichnet und stellen in einer topographischen Darstellungsweise, in der der Gradientenbildwert über zwei Raumkoordinaten abgebildet wird, ebene Flächen dar. Bereiche, in denen sich der Bildwert benachbarter Bildelemente um einen großen Betrag unterscheidet, stellen lokale Maxima in der topographischen Darstellungsweise erhöhte Flächenanteile dar. Diese lokalen Maxima können als

no

5 „Dämme“ verstanden werden, welche darunterliegenden Bereiche voneinander abtrennen. Bei Zusammenfassung der in den ebenen Flächen angeordneten Bildelemente, modellhaft gesprochen also einer „Flutung“ der von den Dämmen umgebenen Flächen, werden, ausgehend von lokalen Minima der topographischen Darstellung, Bildelemente ansteigenden Gradientenbildwerten zu einer Bildelementgruppe zusammengefasst bis ein Damm als Bereichsgrenze erreicht wird.

10 Dabei kann, je nachdem wie ausgeprägt ein Maximum sein muss, um als Bildbereichsgrenze, also als Damm, verstanden zu werden, auch weniger ausgeprägte Maxima überschritten werden. Auf diese Weise kann, wenn nacheinanderfolgende Zusammenfassungsschritte mit zunächst groben Filterkriterien, also durch stark ausgeprägte Maxima definierte Bildbereichsgrenzen, die sich in den nachfolgenden Zusammenfassungsschritten dann verfeinern, Bildelementgruppen gebildet werden, die große Strukturen umfassen und in untergeordneten Hierarchieebenen dann stufenweise aufgeteilt werden.

15

20 Es ist dabei einerseits möglich, ausgehend von einer großen Bildelementgruppe eine weitere Verfeinerung vorzunehmen und diese Bildelementgruppe in mehrere kleinere Bildelementgruppen zu unterteilen, das heißt von der großen Bildelementgruppe zu kleineren Bildelementgruppen voranzuschreiten. Alternativ hierzu können auch mehrere Bildelementgruppen, die in einem sehr fein unterscheidenden Filterverfahren ermittelt wurden, nachträglich zusammengefasst und zu übergeordneten, größeren Bildelementgruppen zusammengesetzt werden.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren mit der Erstellung eines Verknüpfungsdatenbaumes kann in vorteilhafter Weise weitergebildet werden, indem mehrere hierarchisch aufgebaute Verknüpfungsdatenbäume mittels der in Anspruch 8 aufgeführten Maßnahmen erstellt werden. Durch die Erstellung mehrerer Verknüpfungsbäume kann bei der Erstellung der Bildelementliste eine Selektierung und Deselektierung von Bildelementgruppen

erfolgen, deren Bildelemente nach unterschiedlichen Filterkriterien zusammengefasst wurden. Auf diese Weise ist eine weitergehende, differenzierte Erstellung der Bildelementliste möglich.

- 5 So kann beispielsweise ein erster Verknüpfungsbaum erstellt werden, dessen Knotenpunkte Bildelementgruppen repräsentieren, die nach dem Filterkriterium des Bereichswachstums zusammengefasste Bildelemente enthalten, und ein zweiter Verknüpfungsdatenbaum erstellt werden, dessen Verknüpfungspunkte Bildelementgruppen repräsentieren, deren Bildelemente nach dem Filterkriterium der Wasserscheidentransformation
- 10 zusammengefasst wurden. Bei einer nachfolgenden automatischen oder manuellen Selektion und Deselektion der Knotenpunkte können nun sowohl in dem ersten als auch in dem zweiten Verknüpfungsdatenbaum Knotenpunkte an- oder abgewählt werden und hierdurch die Bildelementliste erstellt werden. Auf diese Weise ist es möglich, Bildbereiche, die gesondert dargestellt werden sollen, und die mittels eines bestimmten Filter-
- 15 kriteriums besonders gut darstellbar sind, in die Bildelementliste aufzunehmen.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist eine Vorrichtung mit Mitteln zur Ausführung der vorgenannten Verfahrensschritte und ein Computerprogramm mit Programmmitteln zur Ausführung der vorgenannten Verfahrensschritte.

- 20
- Durch die Erfindung wird ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Computerprogramm bereitgestellt, welche(s) eine vereinfachte und schnelle Erstellung einer selektiven Darstellung von Körperstrukturen eines Untersuchungsobjekts ermöglicht, indem Bildelemente, die in der Darstellung gesondert dargestellt werden sollen, insbesondere hervor-
- 25 gehoben oder ausgeblendet werden sollen, auf einfache Weise zusammengefasst und markiert werden können. Mit der Erfindung können insbesondere im Bereich der medizinischen Bildverarbeitung Körperstrukturen, die für die Diagnose nicht relevant sind,

ausgeblendet werden. So können beispielsweise in computertomographischen Angiographiebildern die Knochenstrukturen ausgeblendet werden, um auf diese Weise ein datenreduziertes Bild zu erhalten, welches einfacher zu beurteilen ist als das nicht reduzierte Gesamtbild.

5

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mit Bezug auf die Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine mittels Maximalintensitätsprojektion erstellte Darstellung einer computertomographischen Angiographieschichtaufnahme,

10 Fig. 2 eine Ansicht einer sagittalen Ebene einer computertomographischen Angiographieschichtaufnahme gemäß Fig. 1,

Fig. 3 einen Verknüpfungsdatenbaum der Schichtaufnahme nach Figur 2,

Fig. 4 eine mittels Maximalintensitätsprojektion erstellte Darstellung der Bildelemente einer ersten Bildelementliste ausgeblendet sind,

15

Fig. 5 eine Schichtaufnahme nach Fig. 2, in der Bildelemente einer ersten Bildelementliste wie in Fig. 4 ausgeblendet sind,

Fig. 6 einen Verknüpfungsdatenbaum mit Selektion und Deselektion der Bildelementgruppen gemäß Fig. 4 und 5,

20 Fig. 7 eine Schichtaufnahme nach Fig. 2, in der Bildelemente gemäß einer zweiten Bildelementliste ausgeblendet sind,

Fig. 8 einen Verknüpfungsdatenbaum mit selektierten und deselektierten Bildelementgruppen gemäß Fig. 7,

Fig. 9 eine Schichtaufnahme nach Fig. 2, in der Bildelemente gemäß einer dritten Bildelementliste ausgeblendet sind,

25

Fig. 10 einen Verknüpfungsdatenbaum, in dem Bildelementgruppen selektiert und deselektiert sind gemäß der Schichtaufnahme nach Fig. 9,

Fig. 11 eine Schichtaufnahme nach Fig. 2, in der Bildelemente einer vierten Bildelementliste ausgeblendet sind,

Fig. 12 einen Verknüpfungsdaten mit selektierten und deselektierten Bildelementgruppen gemäß der Schichtaufnahme nach Fig. 11,

5 Fig. 13 eine schematische Darstellung des Filterverfahrens der Wasserscheidentransformation in einer ersten Phase,

Fig. 14 eine schematische Darstellung des Filterverfahrens der Wasserscheidentransformation in einer zweiten Phase, und

Fig. 15 eine schematische Darstellung des Filterverfahrens der Wasserscheidentransformation in einer dritten Phase,

10

Fig. 1 zeigt eine Projektion einer computertomographischen Angiographieschichtaufnahme des Abdomens eines Menschen. In der Aufnahme treten als helle und kontrastreich dargestellte Strukturen die Knochen, insbesondere die Wirbelsäule, die Rippen und das Becken hervor. Durch die Darstellung der Knochen wird die Aorta überblendet, die räumlich vor der Wirbelsäule angeordnet ist. Die Aorta ist daher nicht in der Frontalan-

15

sicht gemäß Fig. 1 erkennbar. Es können lediglich als kontrastarme Schatten mit gegenüber dem Hintergrund leicht erhöhtem Bildwert die Nieren, die links und rechts von der Wirbelsäule im Bereich der unteren Rippen liegen, erkannt werden.

20

Fig. 2 zeigt eine sagittale Röntgenschichtaufnahme des Abdomens gemäß Figur 1. Darin erscheinen die Knochen ebenso kontrastreich als weiße Körperstrukturen, wie insbesondere an den Wirbelkörpern BG1 bis BG14 ersichtlich. Weiterhin ist das Sakrum BG 15 und ein vorderer Teil des Beckenknochens BG 16 angeschnitten dargestellt.

25

Vor der Wirbelsäule liegend und mit einem etwas geringeren Bildwert als die Knochenstrukturen kann in Fig. 2 die Aorta AO im Längsschnitt erkannt werden. Die Aorta AO

ist durch Verabreichung eines Kontrastmittels vor der zum Zwecke der Bildaufnahme erfolgenden Durchleuchtung visualisiert worden.

Die Knochenstrukturen, wie erkennbar in Fig. 2, können einem entsprechend aufgebauten Verknüpfungsdatenbaum, wie ersichtlich aus Fig. 3, zugeordnet werden. Dabei werden die Bildelemente in einem ersten Schritt mittels Wasserscheidentransformation gefiltert.

Das Filterverfahren mittels der Wasserscheidentransformation wird mit Bezug zu den Figuren 13-15 beschrieben. In diesen Figuren sind mehrere Bildelemente, die in einer Darstellung beispielsweise entlang einer Geraden zueinander benachbart liegen, auf der x-Achse aufgetragen. Die Beträge der Gradientenbildwerte dieser Bildelemente sind auf der y-Achse aufgetragen, sodass sich ein Querschnitt durch eine topographische Darstellung der Bildwerte eine zweidimensionalen Bildes ergibt.

Bei der Wasserscheidentransformation werden die Bildelemente in aufsteigender Reihenfolge gruppiert, jeweils ausgehend von den Bildelementen, deren Gradientenbildwert ein lokales Minimum (M1-M3) darstellt. Auf diese Weise werden die Bildelemente, welche die auf den ansteigenden Kurvenanteilen wiedergegebenen Gradientenbildwerte aufweisen, nacheinander zu dem jeweiligen Minimum ihres Kurvenanteils zugruppiert. Sobald hierbei ein Bildelement einer ersten Gruppe mit einem Bildelement einer zweiten Gruppe kollidiert bzw. mit diesem übereinstimmt, so wird an dieser Stelle ein Damm (W1-W3) errichtet. Diese Dämme (W1-W3) stellen die Wasserscheiden dar und befinden sich regelmäßig an den Maxima der Kurve. Durch die Dämme (W1-W3) wird dann der Bildbereich in mehrere Bildelementgruppen (R1-R4) unterteilt.

In diesem ersten Schritt kann eine feinere oder gröbere Filterung erreicht werden, indem die Maxima, an denen ein Damm errichtet wird, schwächer oder stärker ausgeprägt sein müssen.

5 Als Ergebnis werden die in Fig. 2 erkennbaren, weiß hervorgehobenen und voneinander abgegrenzten Körperstrukturen BG1- BG16 als einzelne Bildelementgruppen erhalten. Diese werden in einem zweiten Schritt jeweils einem Knotenpunkt einer unteren Ebene zugewiesen. So werden beispielsweise die einzelnen Wirbelkörper und Dornfortsätze BG5 – BG14 den Knotenpunkten D1 - D10 zugewiesen.

10

In einem dritten Schritt werden die zu einem Wirbel gehörenden Wirbelkörper und Dornfortsätze jeweils logisch mit einem Knotenpunkt einer darüber liegenden Ebene verbunden, wie beispielsweise die Bildelementgruppen des Wirbelkörpers BG5 und des Dornfortsatzes BG6 mit einem Knotenpunkt C5. Hierzu können die in den ersten zwei
15 Schritten gebildeten Bildelementgruppen in der Weise zusammengefasst werden, dass der kleinste Abstand zwischen den Bildelementgruppen ermittelt wird und eine Zusammenfassung erfolgt, wenn dieser Abstand einen bestimmten Wert unterschreitet.

20

Die den Knotenpunkten C1 - C9 zugeordneten Wirbel und das dem Knotenpunkt C10 zugeordnete Sakrum werden in einem vierten Schritt, der wie zuvor eine Zusammenfassung der Bildelementgruppen mittels vorbestimmter Filterkriterien umfasst, zu einer Bildelementgruppe zusammengefasst, die dann einem Knotenpunkt B1 zugeordnet wird. Der Knotenpunkt B1, der die Bildelemente aller den Knotenpunkten C1 – C10 zugeordneten Bildelementgruppen umfasst, ist logisch mit den Knotenpunkten C1 –
25 C10 verknüpft.

Eine einem Knotenpunkt C11 zugeordnete Bildelementgruppe BG16 umfasst Bildelemente des Beckenknochens, welche um einen größeren Betrag beabstandet von den

Bildelementgruppen der Knotenpunkte C1 - C10 sind. Der Knotenpunkt C11 ist daher nicht mit dem Knotenpunkt B1 logisch verknüpft.

5 Einem übergeordneten Knotenpunkt A1 ist eine Bildelementgruppe zugeordnet, die alle Bildelemente von knöchernen Körperstrukturen der Fig. 1 umfasst. Der Knotenpunkt A1 ist logisch verknüpft mit den Knotenpunkten B1 und C11, da die dem Knotenpunkt A1 zugeordnete Bildelementgruppe alle Bildelemente umfasst, die auch in den Bildelementgruppen der Knotenpunkte B1 und C11 enthalten sind.

10 Alternativ zu der vorgenannten Filterungsweise kann es auch vorteilhaft sein, ausgehend von einer groben Filterung die dabei erhaltenen wenigen Bildbereiche in daruffolgenden feineren Filterschritten weiter zu unterteilen. In diesen Schritten kann dann eine erneute Filterung mittels Wasserscheidentransformation erfolgen, welche mit feineren Filterkriterien durchgeführt wird als die im vorangegangenen Schritt erfolgte Wasserscheiden-
15 transformation.

Fig. 4 zeigt eine Frontalansicht gemäß Fig. 1, in der die überblendenden Knochenstrukturen ausgeblendet sind.

20 Hierzu wurde anhand der sagittalen Ansicht gemäß Fig. 5 ein Sekundärbilddatensatz erstellt, in welchem die Bildelemente der knöchernen Körperstrukturen durch Selektion des Knotenpunkts A1 in eine Bildelementliste aufgenommen und markiert wurden. Die markierten Bildelemente sind in Fig. 5 schwarz gekennzeichnet. Wird aus dem so erstellten, gefilterten Sekundärbilddatensatz eine Frontalansicht erstellt, in der die mar-
25 kierten Bildelemente ausgeblendet sind, so kann, wie aus Fig. 4 ersichtlich, eine Überblendung der Aorta durch Knochenstrukturen vermieden werden und der Gefäßverlauf betrachtet werden.

Die Selektion des Knotenpunkts A1 ist in Fig. 6 durch Schwärzung des Knotenpunkts kenntlich gemacht.

5 Durch Deselektion des Knotenpunkts C6, wie in Fig. 8 kenntlich gemacht, können die Bildelemente eines einzelnen Wirbels BG7, BG8 deselektiert und aus der Bildelementliste herausgenommen werden. Die so herausgenommenen Bildelemente werden im Sekundärbilddatensatz nicht markiert. Bei der Erstellung einer Sagittalebeneansicht, wie aus Fig. 7 ersichtlich, wird dann der entsprechend deselektierte einzelne Wirbel dargestellt und kann beispielsweise als Referenzpunkt zur Beurteilung der anatomischen
10 Gesamtstruktur dienen. Die Deselektion des Knotenpunkts C6 ist in Fig. 8 durch Weißfärbung des Knotenpunkts gekennzeichnet.

In gleicher Weise kann, wie aus Fig. 10 ersichtlich, durch Selektion des Knotenpunkts A1 und Deselektion der Knotenpunkte C6 und C11 alle Knochenstrukturen mit Ausnahme eines einzelnen Wirbels BG6, BG7 und des Sakrums BG16 markiert werden,
15 wodurch bei Erstellung einer Sagittalansicht ein Bild gemäß Fig. 9 erhalten wird.

Schließlich können, wie aus Fig. 12 ersichtlich, durch Selektion des Knotenpunkts A1 und der Knotenpunkte D2, D4, D6, D8 und D10 und Deselektion des Knotenpunkts B1
20 ausschließlich die einzeln stehenden Dornfortsätze BG6, BG8, BG10, BG12 und BG14 und der Beckenknochen BG16 im Sekundärbilddatensatz markiert werden und in einer aus diesem Sekundärbilddatensatz erstellten Darstellung gesondert dargestellt werden, wie aus Fig. 11 ersichtlich.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Erstellung einer selektiven Darstellung von Körperstrukturen eines Untersuchungsobjekts aus einem Primärbilddatensatz mit den Verfahrensschritten

- Zusammenfassung mehrerer Bildelemente in zumindest einer Bildelementgruppe (BG1-BG16), die jeweils Bildelemente enthält, die nach vorbestimmten Filterkriterien der Bildelementgruppe zugeordnet werden,
- Erstellung zumindest einer Bildelementliste durch Selektion und/oder Deselektion zumindest einer Bildelementgruppe,
- Erstellung eines gefilterten Sekundärbilddatensatzes, in dem die Bildelemente der Bildelementgruppen der zumindest einen erstellten Bildelementliste markiert werden,
- Erstellung der Darstellung aus dem Sekundärbilddatensatz, wobei die markierten Bildelemente gesondert dargestellt, insbesondere hervorgehoben oder ausgeblendet, werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem mehrere Bildbereiche definiert werden,

dadurch gekennzeichnet, dass sich die Bildelementgruppen zumindest teilweise überschneiden.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem mehrere Bildelementgruppen definiert werden,

5 dadurch gekennzeichnet, dass ein Verknüpfungsdatenbaum erstellt wird, in dem
jeder Bildelementgruppe (BG1-BG16) ein Knotenpunkt (D1-D10, C1-C11, B1,
B2, A1) zugeordnet wird und die Knotenpunkte nach einem vorbestimmten
Verknüpfungskriterium logisch einander zugeordnet werden und
10 die Selektion und Deselektion durch Auswahl und/oder Abwahl der Knotenpunkte
erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die logische Verknüpfung zweier Knotenpunkte
15 erfolgt,

- wenn alle Bildelemente der dem einen Knotenpunkt zugeordneten
Bildelementgruppe auch in der dem anderen Knotenpunkt zugeordneten
Bildelementgruppe enthalten sind und/oder
- wenn die den beiden Knotenpunkten zugeordneten Bildelementgruppen
20 um nicht mehr als eine vorbestimmte Distanz voneinander beabstandet
sind.

5. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass die logische Verknüpfung durch gegenseitige Zusammenfassung von Bildelementgruppen in Form eines hierarchisch

5 aufgebauten Verknüpfungsbaums erfolgt, wobei

- jeder Bildelementgruppe ein Knotenpunkt einer unteren Ebene (C1-C11) zugewiesen wird,
- mindestens eine darüber liegende Ebene (B1, B2) definiert wird,
- Knotenpunkte einer jeweils unteren Ebene mit einem Knotenpunkt einer hierarchisch übergeordneten Ebene verknüpft werden,
- wenn alle Bildelemente der dem unteren Knotenpunkt zugeordneten Bildelementgruppe auch in der dem Knotenpunkt der darüberliegenden Ebene zugeordneten Bildelementgruppe enthalten sind und/oder
- wenn die den Knotenpunkten der unteren Ebene zugeordneten Bildelementgruppen um nicht mehr als eine vorbestimmte Distanz voneinander beabstandet sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, dass die Erstellung des gefilterten

20 Sekundärbilddatensatzes durch Selektion und Deselektion von Knotenpunkten unterschiedlicher Ebenen erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 1,

5 dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammenfassung der Bildelemente in der
zumindest einen Bildelementgruppe mittels der Wasserscheidentransformation
erfolgt, umfassend die Verfahrensschritte:

- Erstellung eines Gradientenbilddatensatzes, in dem jedem Bildelement ein
Gradientenbildwert zugewiesen wird, der zu dem Unterschied des Bildwerts
10 dieses Bildelements im Primärbilddatensatz gegenüber dem Bildwert der
dieses Bildelement umgebenden Bildelemente korrespondiert, und

- Definition des Bildelementgruppe durch Definition eines
Gradientenbildbereichs zueinander benachbarter Bildelemente, die durch ein
lokales Maximum der Gradientenbildwerte voneinander getrennt sind.

15

8. Verfahren nach Anspruch 2 oder 7,

dadurch gekennzeichnet, dass mehrere hierarchisch aufgebaute

5 Verknüpfungsdatenbäume erstellt werden, deren Knotenpunkte nach mindestens einem Verknüpfungskriterium logisch miteinander verknüpft werden, insbesondere wenn

10 - alle Bildelemente der dem unteren Knotenpunkt zugeordneten Bildelementgruppe auch in der dem Knotenpunkt der darüberliegenden Ebene zugeordneten Bildelementgruppe enthalten sind, und/oder

- die den beiden Knotenpunkten zugeordneten Bildelementgruppen um nicht mehr als eine vorbestimmte Distanz voneinander beabstandet sind,

dass sich die Verknüpfungskriterien der Verknüpfungsbäume in mindestens einem Verknüpfungskriterium unterscheiden und

15 dass die Erstellung der Bildelementliste durch Selektion und Deselektion von Knotenpunkten mindestens einer, vorzugsweise mehrerer unterschiedlicher Ebenen in den Verknüpfungsbäumen erfolgt.

9. Vorrichtung zur Erstellung einer selektiven Darstellung von Körperstrukturen aus einem Primärbilddatensatz, umfassend

- 5 - Mittel zur Zusammenfassung mehrerer Bildelemente in zumindest einer Bildelementgruppe, die jeweils Bildelemente enthält, die nach vorbestimmten Filterkriterien der Bildelementgruppe zugeordnet werden,
- Mittel zur Auswahl zumindest einer Bildelementliste durch Selektion und Deselektion jeweils aller Bildelemente zumindest einer Bildelementgruppe,
- 10 - Mittel zur Erstellung eines gefilterten Sekundärbilddatensatzes, in dem die Bildelemente der zumindest einen Bildelementliste markiert werden,
- Mittel zur Erstellung der Darstellung aus dem Sekundärbilddatensatz, wobei die markierten Bildelemente gesondert dargestellt, insbesondere hervorgehoben oder ausgeblendet, werden.

15 10. Computerprogramm zur Erstellung einer selektiven Darstellung von Körperstrukturen aus einem Primärbilddatensatz, mit Programm-Mitteln, welche die Verfahrensschritte des Anspruchs 1 ausführen, wenn sie auf einem Computer ausgeführt werden.

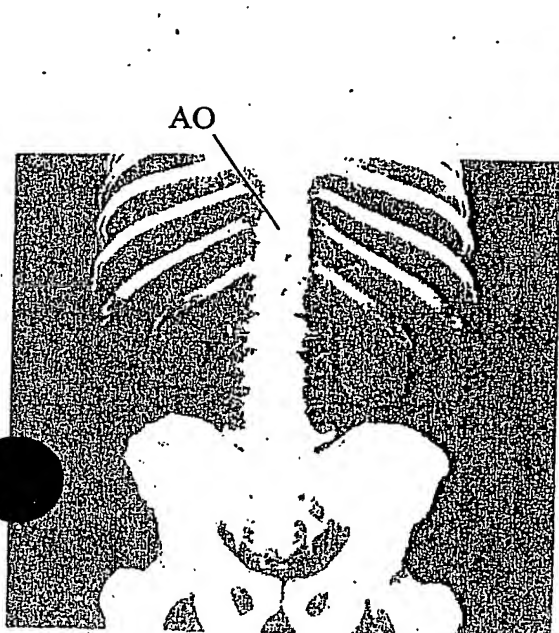


Fig. 1

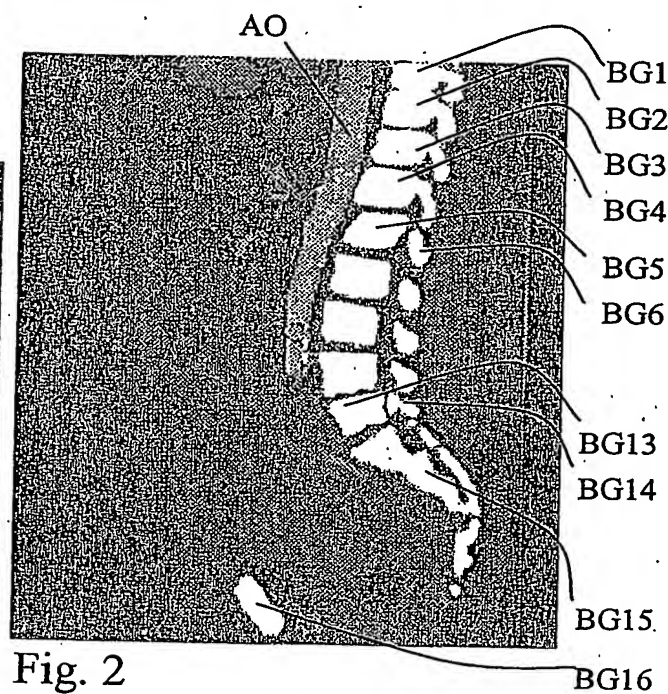


Fig. 2

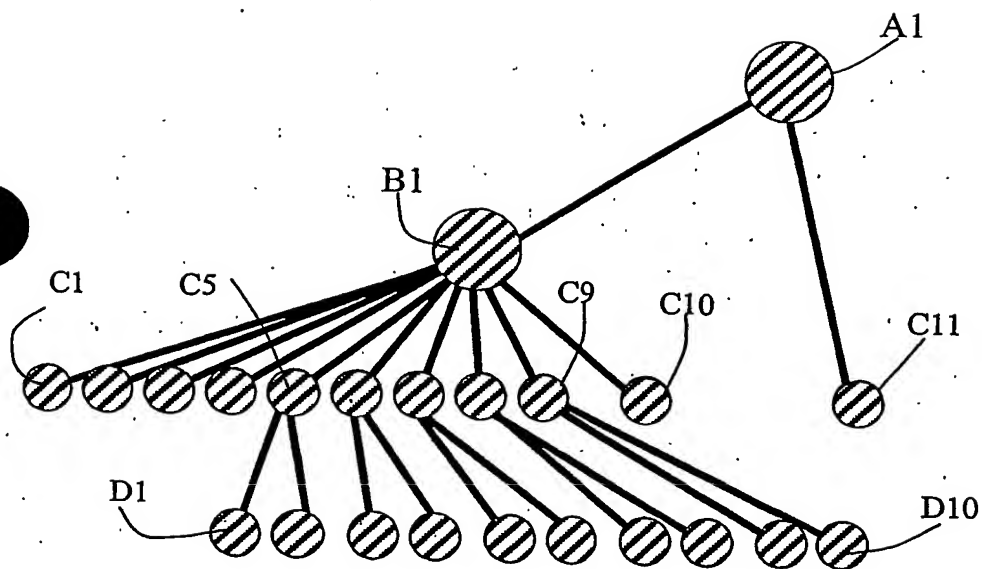


Fig. 3

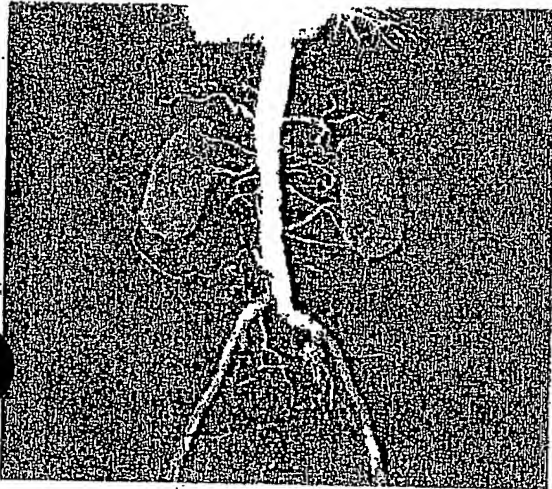


Fig. 4

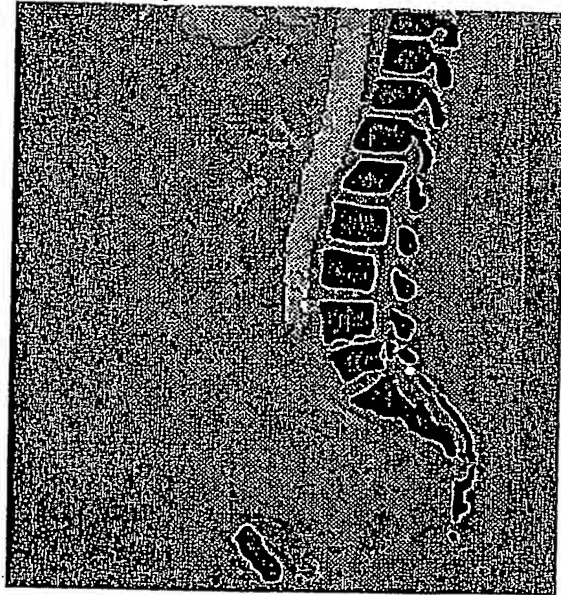


Fig. 5

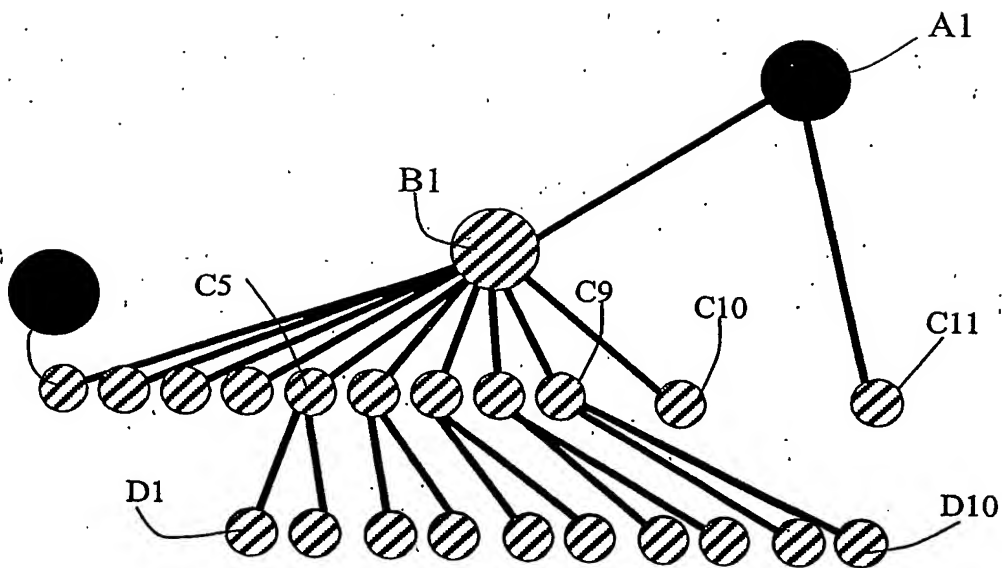


Fig. 6

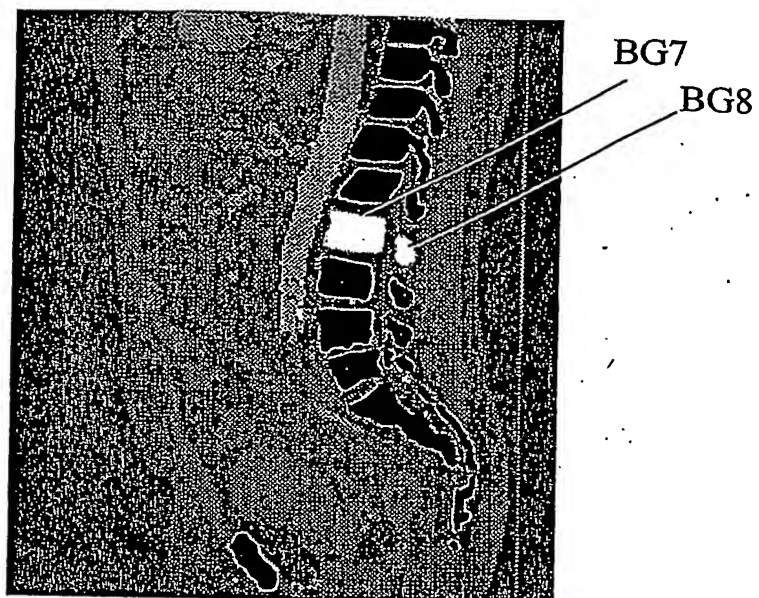


Fig. 7

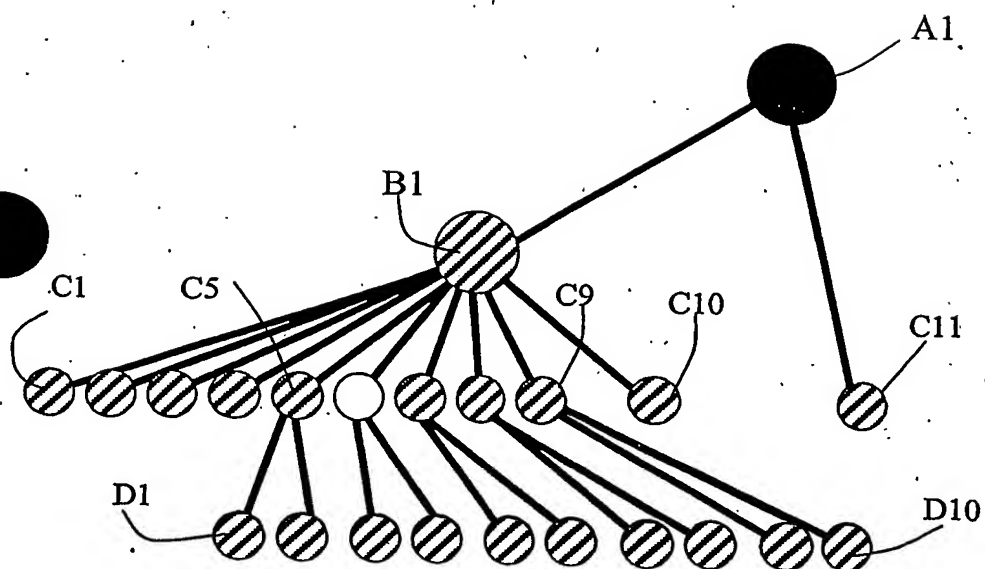


Fig. 8

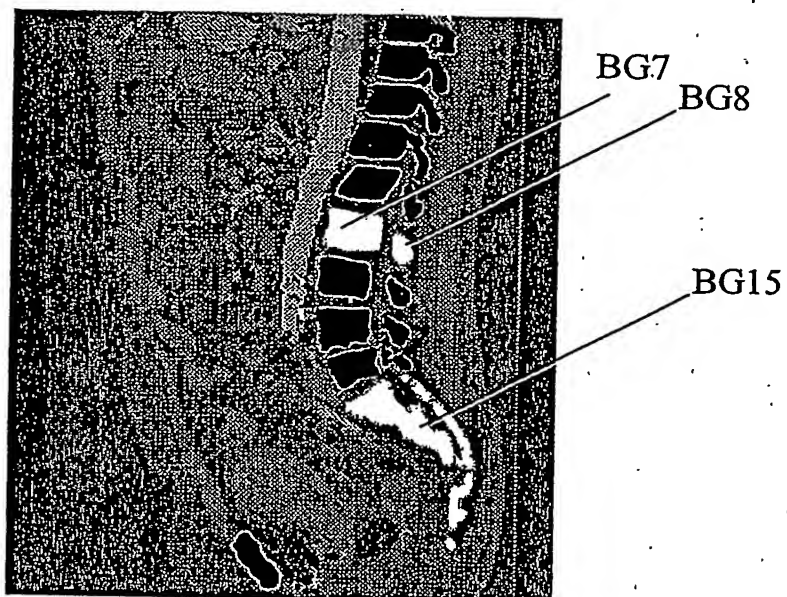


Fig. 9

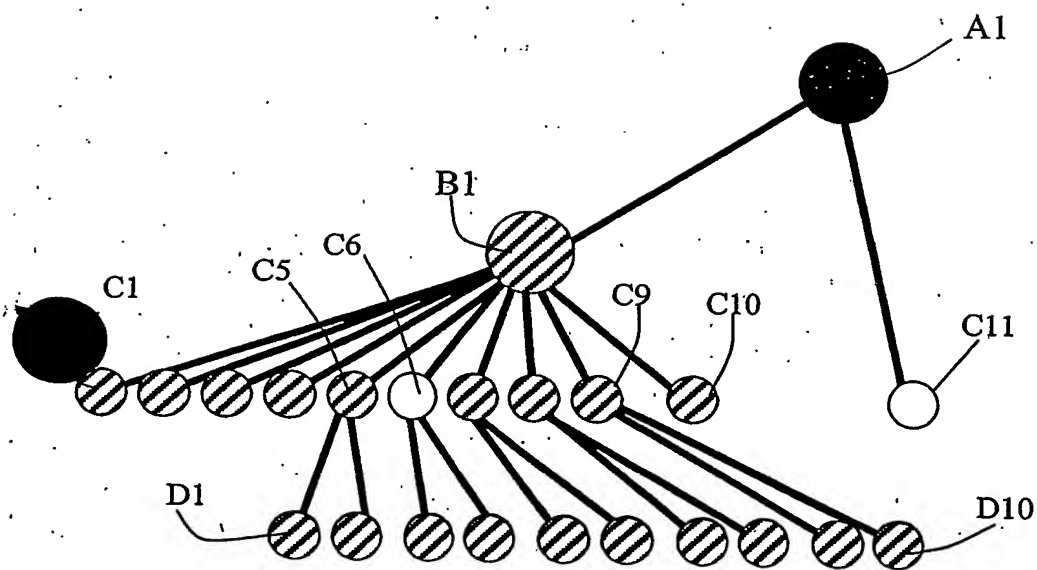


Fig. 10

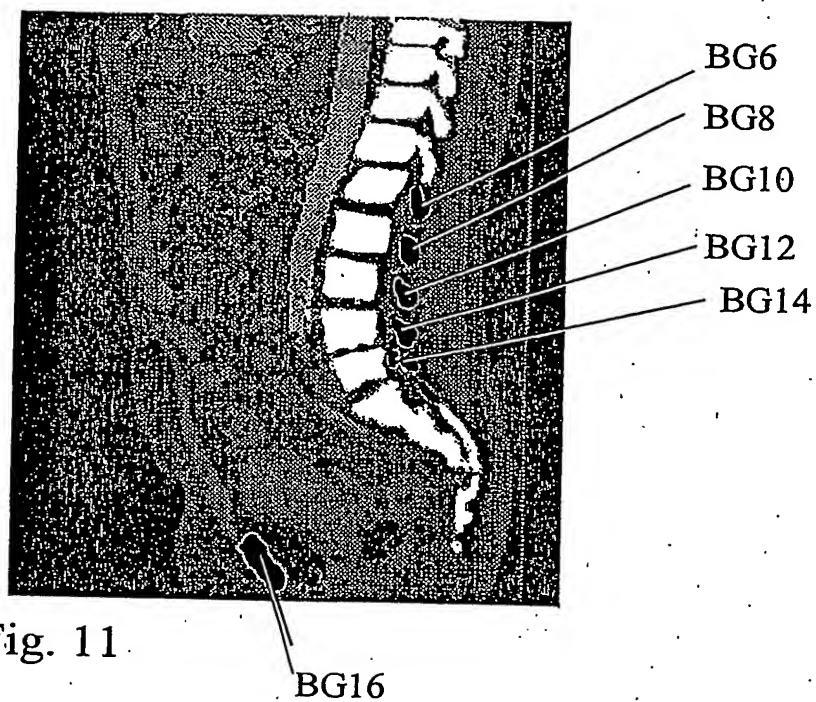


Fig. 11

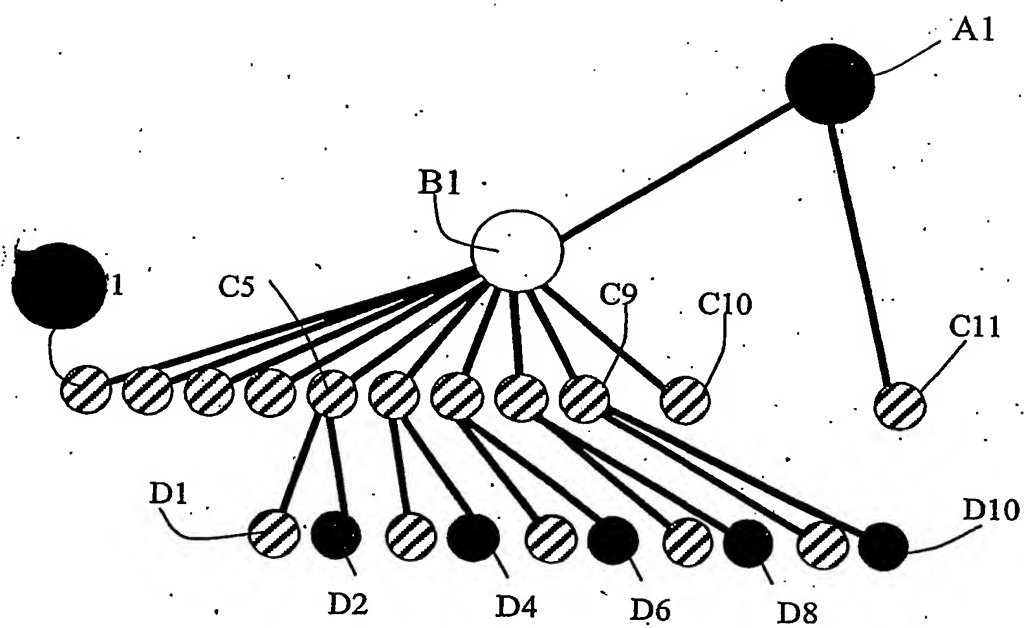


Fig. 12

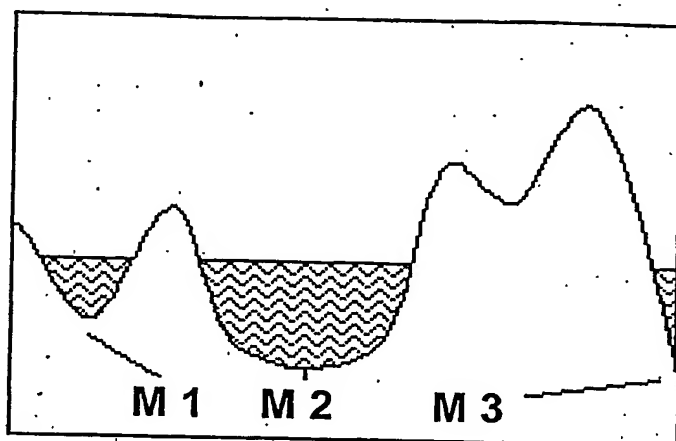


Fig. 13

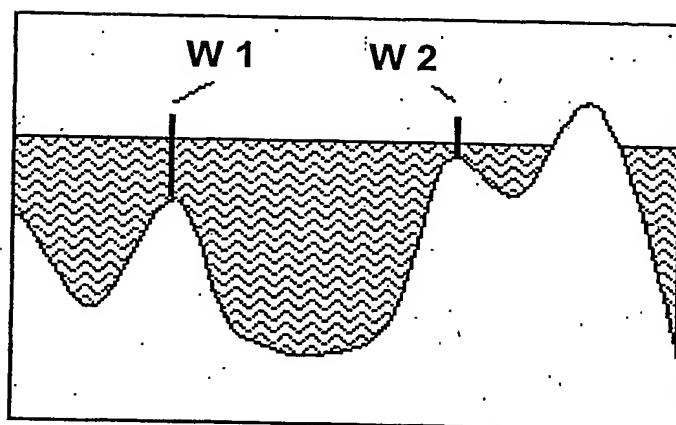


Fig. 14

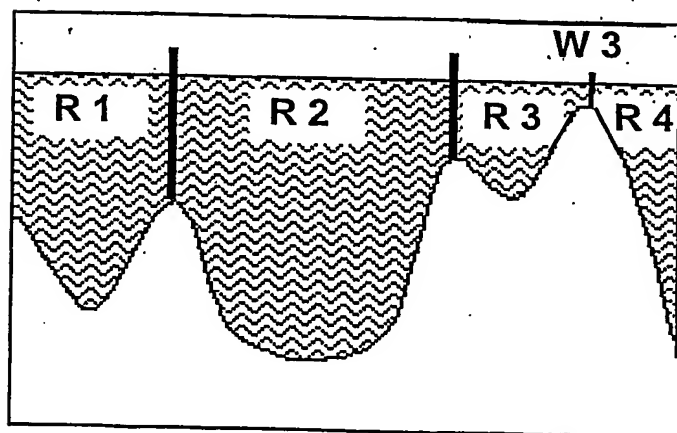


Fig. 15